УДК 591.5:[599.32+599.33] (235.132)

А. Е. Зыков

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ КОПЕТДАГА С ПОМОЩЬЮ ГРАФОВОГО МЕТОДА КЛАСТЕР-АНАЛИЗА

Кластерный анализ в фауно-экологических исследованиях широко используется для целей ординации — упорядочения видов (анализ-R) или местообитаний (анализ-Q) вдоль осей варьирования животного населения (обзор см. Песенко, 1982; Шенброт, 1986 и др.). Ему традиционно отдается предпочтение на начальных этапах анализа пространственной структуры населения животных, при изучении экосистем слабо охваченных комплексными исследованиями, когда наиболее существенными представляются данные о сопряженности видов животных или сходства их местообитаний. Основные концепции кластерного анализа отражены в соответствующей математической и биометрической литературе (Айвазян и др., 1989; Дюран, Оделл, 1977; Мандель, 1988; Олдендерфер, Блэшфилд, 1989; Терехин, 1990; Sneath, Sakal, 1973 и др.).

Среди методов кластерного анализа биологами чаще всего применяется иерархический агломеративный метод. Следует отметить, что многие алгоритмы данного метода не имеют достаточного теоретического обоснования, разные кластерные процедуры могут порождать различные решения для одних и тех же данных. Из методов кластерного анализа в эколого-фаунистических исследованиях более предпочтительными могут оказаться методы, основанные на теоремах и аксиомах хорошо разработанной теории графов (Зыков, 1987, Харари, 1973). В настоящее врмя они становятся альтернативой преимущественно эвристическому характеру других кластерных методов (Олдендерфер, Блэшфилд, 1989). Наиболее соответствующими целям изучения пространственной структуры животного населения, по всей видимости, являются графовые методы использующие понятия кратчайшего незамкнутого пути, остова минимального веса (minimal-spanning tree). Задачи данного типа в биологии впервые были решены Я. Чекановским (Czekanowski, 1909) и вызывают в последнее десятилетие повышенный интерес у исследователей, в первую очередь, из-за простоты постановки и широчайшего спектра возможных приложений. Опубликовано значительное число исследований по приложениям графовых методов в биологии — от работ в области филогенетики и таксономии (Юшманов, 1987; Sneath Sokal, 1973) до биогеографии (Henderson, 1989; Page, 1987). В эколого-фаунистических исследованиях применение графов только начинается (Кривошеев, 1989; Проскурина, Кривошеева, 1989), в связи с чем кратко излагается суть графового метода кластер-анализа.

Отношения объектов в графовых методах, основанных на концепции кратчайшего незамкнутого пути или остова минимального веса, представляются в виде графа — дендрита, не содержащего замкнутых линий и соединяющего любые два объекта анализируемой совокупности. Отрезки, соединяющие объекты, в теории графов именуемые ребрами (дугами), характеризуют степень их близости. Длина (вес) ребра между объектами оценивается с помощью избранной исследователем метрики. Логично полагать, что если объекты находятся на небольшом расстоянии друг от друга, то они сходны по своему «физическому» состоянию и, соответственно, однородны. Близость объектов определяется по рассчитанной матрице расстояний между ними. Строится граф, у которого суммарная длина (вес) ребер минимальна. Получение подобного графа обеспечивают эффективные алгоритмы (Прим, 1961; Kruskal, 1956). На первом шаге алгоритмов для каждого объекта отыскивается ближайший. Для этого в каждом столбце или строке матрицы расстояний находят наименьшие показатели (значения по главной диагонали матрицы, естественно, не учитываются), определяют номера столбцов и строк на пере-

сечении которых они находятся. Если в разных парах ближайших объектов фигурирует один и тот же объект, то такие пары объединяются. Далее происходит объединение всех объектов рассматриваемой совокупности. Вновь находят кратчайший незамкнутый путь (минимальное остовное дерево) между объектами и т. д. Процесс построения графа, завершается, когда все объекты соединяются воедино. Выделение кластеров в графе — разрезание графа подробно описано в специальной литературе (Айвазян и др., 1989).

Кластеризация графовыми методами в целом сходна с широкораспространенными алгоритмами иерархического кластерного анализа (Дюран, Оделл, 1977), однако имеются и существенные отличия. В анализируемых графовых методах объекты соединяются непосредственно друг с другом, а не через дополнительные связующие точки (так называемые точки Штейнера), как это принято в большинстве кластерных процедур. Следует отметить, что эффективные алгоритмы построения кластеров с использованием дополнительных точек до настоящего времени не выявлены (Емеличев и др., 1990; Page, 1987). Представление связей между объектами в виде графа позволяет визуализировать кластеры сложной формы, что затруднительно при использовании других методов кластерного анализа.

В данной работе методом кластерного анализа, основанного на теории графов, проведена ординация населения мелких млекопитающих (Insectivora, Rodentia, Lagomorpha) Копетдага (Южная Туркмения).

Материал и методы. В основу настоящего сообщения положены данные по видовому составу, биотопической приуроченности и относительной численности 24 видов, составляющих основу населения мелких млекопитающих Копетдага (таблица). Материал собирался в 1981—1989 гг. при нашем участии экспедициями Зоологического музея Института зоологии АН Украины (Киев), Лаборатории млекопитающих Зоологического института РАН (С.-Петербург), а также в результате самостоятельных экспедиционных выездов в 1984, 1988 гг. Кроме того, использованы материалы, любезно предоставленные нам Л. С. Марининой, С. Н. Калабиным, А. К. Курбановым. Учеты проводились в следующих биотопах: низкие предгорья (от 300 до 500—600 м н. у. м.): 1) глинистые полупустыни (баиры), 2) бедленды, 3) расчлененный рельеф (саи, овраги), 4) тростниковые заросли, 5) тугаи; высокие предгорья (от 500—600 до 900—1100 м): 6) полупустыни и низкотравные степи, 7) расчлененный рельеф, 8) ксерофильные древесно-кустарниковые сообщества, 9) древесно-кустарниковые сообщества по долинам рек; нижний пояс гор (от 800—1000 до 1200—1400 м): 10) крупнозлаково-разнотравный эфемеретум, 11) расчлененный рельеф, 12) широколиственные лески и рощицы по долинам Сумбара и Чаадыра, 13) ковыльные степи, 14) расчлененный рельеф, 15) ксерофильные древесно-кустарниковые сообщества; средний (1200—1400 до 1900—2000 м) и верхний пояса гор ((>1900—2000 м): 16) типчаковые степи и полынно-типчаковые формации, 17) арчовники, 18) расчлененный рельеф, 19) выровненные платообразные вершины с трагакантниками и фрагментами альпийских лужаек (>2300 м). Общая характеристика биотопов отражена в литературе (Никитина, 1956; Комахина, 1986; Фет, Комахина, 1982 и др.).

Отлов мышевидных грызунов и землероек проводился ловушко-линиями и капканно-площадным методом (песчанки) по общепринятым методикам (Кучерук, 1952, 1963). На выровненных участках низкогорий для учета зверьков с ночной активностью (ежи, тушканчики) и зайца-песчаника использовался автомобиль ГАЗ-66 с фарой-искателем. При пеших и автомобильных маршрутах фиксировались или учитывались колонии песчанок и слепушонок.

По алгоритму Е. Прима (1961) рассчитан остов минимального веса, объединяющий 19 вариантов населения мелких млекопитающих. В качестве меры расстояния использовано расстояние Хемминга. Для бинарных значений признаков (наличие — отсутствие видов) оно равно числу их несовпадений в сравниваемых объектах (Айвазян и др., 1989). Разрезание графа на классы проводилось путем сравнения средней длины всех ребер остова с расстоянием между сравниваемыми вариантами населения зверьков. Чем больше обнаруживались отличия в анализируемых показателях, тем с большим основанием считалось, что по ребру возможно разрезание. Расчеты выполнены в лаборатории математики Института ботаники АН Украины (Киев) на ЭВМ СМ-4. Для оценки эффективности кластеризации графовым методом сравнивалась работа таких общепризнанных методов кластерного анализа как иерархического агломеративного и итеративного. При иерархическом кластер-анализе применен метод Уорда (минимизации дисперсии внутри кластеров); в качестве метрики — евклидова дистанция. В итеративном методе использован метод k-средних. Эти алгоритмы являются наиболее эффективными для указанных методов кластерного анализа (Мандель, 1988). Вычисления проведены в Институте зоологии АН Украины (Киев) на ППЭВМ ЕС-1841 с помощью статистического пакета CSS/PC Release 2.1, vers. B640 фирмы StatSoft. Inc. (США).

6 2—1145

Видовой состав и относительная численность мелких млекопитающих Копетдага

Виды	Типы сообществ																		
	Пустынно-предгорный				Околоводный				Горно-степной						Петрофитный				
	2	3	1	6	5	9	4	12	8	10	13	16	15	17	7	11	14	18	19
Insectivora																			
H. auritus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
H. hypomelas	+	+	+	+															
C. suaveolens	+	+	+	+	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
C. leucodon				+	+	+	+	+											
Rodentia																			
H. indica		+	+	+	+	+		+	+	+	+				+				
D. nitedula						+		+	+				+	+					
A. elater			+																
Calomyscus sp.									+				+	+	3	4	2	3	
C. migratorius		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
M. paradoxus				+					+	4	4	5	+	+					
M. afghanus		+	+	+					+	+									
M. transcaspicus					+	+	+	+											
C. nivalis																		+	+
E. talpinus		+	1		+														
E. fuscocapillus				+					+	1	1	2	+	+	+				+
M. persicus		+		+				+	1	+	+	+	1	+	2	2	1	+	+
M. libycus	8	4	2	4	+	+			+	+									
M. meridianus	+	+	+	+															
R. opimus	+	2	4	+															
A. chorassanicus					+	3		6	4	+			5	5	1	1	4	3	5
M. musculus	+	1	+	2	5	+	4	+	+	+	+				+				
N. indica					+	2	3	+											
Lagomorpha																			
L. capensis	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+				+
O. rufescens															+	+	+	+	+

Для характеристики выделенных типов сообществ использованы данные по относительному обилию (доля каждого вида в уловах) зверьков, выраженные в баллах. Выделены следующие категории: монодоминант — 9 ($>$ 80 %); абсолютный доминант — 6—8 (50—79 %); доминант — 3—5 (30—49 %); содоминант — 1—2 (10—29 %); второстепенный — «$\pm$» ($<$ 10 %). Номенклатура категорий обилия принята по работе В. В. Кучерука с соавторами (1980).

Автор глубоко признателен коллегам, предоставившим данные, благодарит Е. Г. Космана и И. П. Сиренко, осуществивших расчеты остова минимального веса, и О. А. Михалевича за высказанные замечания.

Результаты и обсуждение. Рассчитанный остов минимального веса, графически отражающий связи между вариантами населения зверьков, представлен на рис. 1. Исходя из сравнения показателя средней длины ребер остова минимального веса (3,15) с длинами ребер между связанными вариантами возможно выделение следующих подмножеств: I = {2, 3, 1, 6}; II = {5, 9, 12, 4}; III = {8, 10, 13, 16, 15, 17}; IV = {7, 11, 14, 18, 19}. Аналогичные по составу подмножества выявлены и при кластеризации методом Уорда. Незначительные отличия касаются лишь расположения объектов (вариантов населения) в пределах подмножеств (рис. 2). Так, например, в результате кластеризации методом Уорда в подмножестве IV варианты населения зверьков 7 (расчлененный рельеф высоких предгорий) и 19 (платообразные вершины верхнего пояса гор) объединяются непосредственно друг с другом. Высокий уровень связи

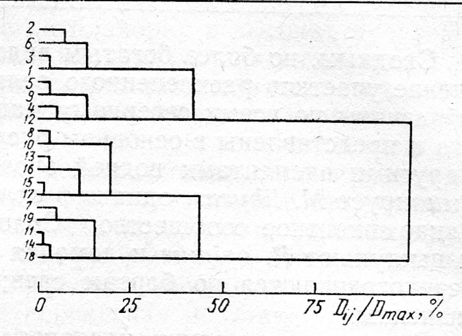


Рис. 2. Дендрограмма связей вариантов населения мелких млекопитающих Копетдага (1—19, пояснения в тексте), рассчитанная по алгоритму Уорда. $D_{ji}/D_{max} \times 100$ — расстояние между объектами (%).

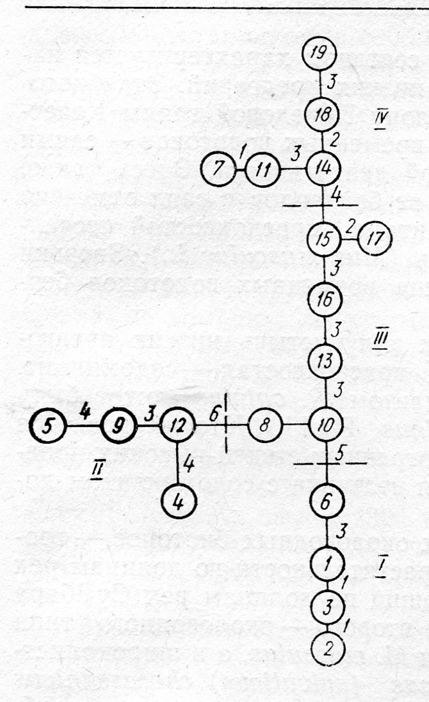


Рис. 1. Граф, отражающий остов минимального веса в связях вариантов населения мелких млекопитающих Копетдага (1—19, пояснения в тексте); *1—6* — дистанция Хемминга, I—IV — выделенные типы сообществ: I — пустынно-предгорный, II — околоводный, III — нагорный (горно-степной), IV — петрофитный.

этих физиономически разнородных вариантов населения, по всей вероятности, обусловлен так называемым d-эффектом — эффектом одновременного отсутствия видов в сравниваемых местообитаниях. Сходные результаты получены и при расчете исходных данных методом k-средних. При заданном числе кластеров (4) и числе итераций (10) обособились подмножества практически идентичных составов. Единственное отличие кластеризации итеративным методом состояло в отнесении варианта населения 7 в подмножество III.

Полученные результаты кластеризации графовым методом в сопоставлении с методами Уорда и k-средних позволяют сделать вывод как о наличии структурированности в исходных данных, так и о перспективности использования графового метода кластеризации в изучении пространственной организации населения животных. Сопоставление результатов кластеризации графовым методом с результатами, полученными при использовании методов Уорда и k-средних, свидетельствует о более естественном представлении анализируемых данных методом, основанным на теории графов. Выделенные подмножества рассматриваются в качестве типов сообществ. Под типом сообщества в данной работе принимается безранговая единица, характеризующая группировки мелких млекопитающих со сходным видовым составом и сродством в выборе предпочитаемых биотопов. Ниже приводится их характеристика.

В первый — пустынно-предгорный тип включаются группировки мелких млекопитающих бедлендов, саев, полупустынь и низкотравных степей низких и высоких предгорий (рис. 1). Видовой состав зверьков в перечисленных биотопах сходен (табл. 1), однако между ними имеются и определенные отличия. Самым обедненным видовым составом характеризуются бедленды — денудированные расчлененные холмогорья, широкораспространенные в Северо-Западном Копетдаге. Абсолютным доминантом в населении мелких млекопитающих бедлендов является краснохвостовая песчанка (*Meriones libycus* Licht.). Остальные виды, за исключением разве что большой песчанки (*Rhombomys opimus* Licht.), встречаются в бедлендах спорадически и приурочены главным образом к межхолмовым понижениям со скудной травянистой растительностью. Численность зверьков крайне низка и не превышает 0,4—1,2 экз. на 100 ловушко-суток.

Сходным, но более богатым видовым составом характеризуется население участков расчлененного рельефа низких предгорий. Эти биотопы развиты по всему северному макросклону Передовой гряды Копетдага и представлены в основном руслами временных водотоков — саями и другими элементами водной эрозионной деятельности. Здесь также доминирует *M. libycus*, однако в отличие от бедлендов в саях отмечено полидоминантное сообщество. Содоминантами краснохвостой песчанки выступают *R. opimus* и домовая мышь (*Mus musculus* L.). Зверьки сосредоточиваются по бортам саев; днища временных водотоков безжизненны.

В населении мелких млекопитающих полупустынь низких предгорий уже доминирует большая песчанка; краснохвостая — содоминант. В отдельные годы (1982, 1986) содоминантом *R. opimus* может быть обыкновенная слепушонка (*Ellobius talpinus* Pall.). Что же касается сообщества зверьков полупустынь и низкотравных степей высоких предгорий, то здесь доминирует краснохвостая песчанка с содоминантом домовой мышью.

Группировки мелких млекопитающих околоводных биотопов — тростников, тугаев, древесно-кустарниковой растительности по долинам рек и ручьев, шириколиственных лесков и рощиц по долинам рек Сумбара и Чандыра рассматриваются в качестве второго — околоводного типа сообществ. В тугаях доминантом является *M. musculus*, а в широколиственных лесках — лесная мышь (*Apodemus (sylvaticus) chorassanicus* Ogn., Heptn.). Для тростников характерно полидоминантное сообщество: *M. musculus* и пластинчатозубая крыса (*Nesokia indica* Gray) — доминанты, малая белозубка (*Crocidura suaveolens* Pall.) — содоминант. Сообщества зверьков тростников и тугаев в значительной степени отличны от других вариантов околоводного типа сообществ и на основании показателя разбиения графа формально могут быть исключены из данного типа. В то же время все перечисленные варианты населения зверьков объединяет наличие в них пластинчатозубой крысы и закаспийской полевки (*Microtus transcaspicus* Sat.). Обособленность группировок мелких млекопитающих тростников и тугаев от других околоводных сообществ может быть объяснена «эффектом отсутствия» видов. Виды открытых полупустынных биотопов, такие как ушастый еж (*Hemiechinus auritus* Gmelin), краснохвостая песчанка, обыкновенная слепушонка периодически проникают в околоводные биотопы *M. libycus* и *E. talpinus* могут образовывать в них временные поселения, однако явно избегают переувлажненных стаций и в целом не характерны для указанного типа сообществ.

Группировки мелких млекопитающих вариантов горно-степных биотопов рассматриваются в качестве нагорного (горно-степного) типа сообществ. Во всех степных биотопах данного типа доминирует хорасанская полевка (*M. paradoxus* Ogn., Heptn.*) и афганская слепушонка (*E. fuscocapillus* Blyth). Редукция видового разнообразия в степных биотопах нагорного типа (таблица) соответствует изменению поясных растительных формаций в порядке: крупнозлаково-разнотравный эфемеретум→ковыльные степи→типчаковые степи. Население зверьков ксерофитных древесно-кустарниковых биотопов различных поясов гор и арчовников по видовому составу в целом сходно с таковым степных биотопов (таблица). Подобное сходство в населении этих, казалось бы физиономически разнородных биотопов, по всей вероятности, связано со слабой сомкнутостью и малой «мощностью» редколесий в Копетдаге. Однако степные и древесно-кустарниковые группировки отличны по видам-доминантам. В древесно-кустарниковых биотопах доминирует лесная мышь. В их различных вариантах в качестве содоминантов *A. (s.) chorassanicus* могут быть персидская песчанка (*M. persicus* Blanf.) —

* По поводу видовой самостоятельности *M. paradoxus* см. Зыков, Загороднюк, 1988.

древесно-кустарниковые сообщества на плакорах в высоких предгорьях и в среднем поясе гор и мышевидные хомячки (*Calomyscus* sps.) * — в арчовниках. В древесно-кустарниковых биотопах обитает лесная соня (*Dryomys nitedula* Pall.), отсутствующая в открытых биотопах нагорного типа.

Население мелких млекопитающих петрофитных биотопов всех высотных поясов, трагакантников высокогорий существенно отличается от такового описанных выше типов сообществ (табл. 1) и, несомненно, заслуживает выделения в особый — петрофитный тип сообществ. Доминантами в группировках данного типа сообществ являются мышевидные хомячки; лесная мышь и персидская песчанка — содоминанты. В отдельные годы (1984, 1989) в качестве содоминанта отмечалась рыжеватая пищуха (*Ochotona rufescens* Gray). Обычные для низкогорий *M. musculus* и *M. libycus* ограничено присутствуют в биотопах расчлененного рельефа нижнего пояса гор. Видовой состав мелких млекопитающих расчлененного рельефа верхнего пояса гор сходен с таковым пологих вершин с трагакантниками и фрагментами альпийских лужаек на высотах свыше 2300 м. Характерной чертой указанных группировок служит наличие в них снеговой полевки (*Chionomys nivalis* Martins), отсутствующей в Копетдаге на более низких высотах (Зыков, 1990).

Заключение. Данная работа не претендует на всесторонний анализ применения методов кластеризации в изучении структуры сообществ животных. В ней продемонстрировано использование метода кластерного анализа, основанного на теории графов, в изучении пространственной организации населения наземных позвоночных животных. Использование графового метода кластерного анализа применительно к исследованиям пространственной организации населения мелких млекопитающих Копетдага позволило выделить четыре типа сообществ: пустынно-предгорный, околоводный, нагорный (горно-степной) и петрофитный. Естественно, что подобное подразделение континуума населения зверьков не лишено некоторых условностей. Во-первых, решалась задача ординации, а не классификации сообществ мелких млекопитающих. Во-вторых, вычисления проводились с использованием бинарных показателей (наличие—отсутствие видов). В-третьих, характеризуя выделенные типы сообществ, автор руководствовался главным образом данными учетов землероек, мышевидных грызунов и песчанок. Специальных учетов численности ежей, дикобраза (*Hystrix indica* Kerr.), зайца-песчаника (*Lepus capensis* L.) не проводилось; для указанных видов привлекались визуальные оценки их обилия. Тем не менее выявленные типы сообществ хорошо согласуются со схемой фито-ландшафтного расчленения этих гор. Полученные результаты дают основания надеяться, что применение метода кластерного анализа, основанного на теории графов, перспективно для изучения пространственной организации животного населения.

Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Классификация и снижение размерности.— М.: Финансы и статистика, 1989.— 607 с.
Графодатский А. С., Раджабли С. И., Мейер М. Н., Маликов В. Г. Сравнительная цитогенетика хомячков рода Calomyscus Rodentia, Cricetidae) / Зоол. журн.— 1989.— 68, вып. 3.— С. 151—157.
Дюран Н. Оделл П. Кластерный анализ.— М.: Статистика, 1977.— 128 с.
Емеличев В. А., Мельников О. И., Сарванов В. И., Тышкевич Р. И. Лекции по теории графов.— М.: Наука, 1990.— 384 с.
Зыков А. А. Основы теории графов.— М.: Наука, 1987.— 381 с.
Зыков А. Е. Снеговая полевка (Chionomys nivalis Martins) в Копетдаге (Rodentia, Cricetidae) // Изв. АН Туркм. ССР. Сер. биол. наук.— 1989.— N 5.— С. 29—33.
Зыков А. Е., Загороднюк И. В. О систематическом положении общественной полевки (Mammalia, Rodentia) из Копетдага //Вестн. зоологии.— 1988.— N 5.— С. 46—52.

* В Копетдаге обнаружены хомячки двух хромосомных форм; предполагается их видовая самостоятельность (см. Графодатский и др., 1989).

Каталог млекопитающих СССР / Под ред. И. М. Громова и Г. И. Барановой.— Л.: Наука, 1981.— 456 с.
Комахина Г. Л. Флора Куртусу-Гауданского флористического района и ее положение в системе региональных флор Копетдага // Изв. АН Туркм. ССР. Сер. биол. наук.— 1986.— № 1.— С. 28—33.
Кривошеев В. Г. Пространственная структура сообщества мелких растительноядных млекопитающих горного таежно-тундрового ландшафта // Метод графов в экологии.— Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1989.— С. 82—98.
Кучерук В. В. Количественный учет важнейших видов вредных грызунов и землероек // Методы учета численности и географическое распределение наземных позвоночных.— М.: Изд-во АН СССР, 1952.— С. 9—46.
Кучерук В. В. Новое в методике количественного учета вредных грызунов и землероек // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.— С. 159—183.
Кучерук В. В., Тупикова Н. В., Доброхотов Б. П. и др. Группировки населения мелких млекопитающих и их территориальное размещение в восточной половине МНР // Современные проблемы зоогеографии.— М.: Наука, 1980.— С. 115—151.
Мандель И. Д. Кластерный анализ.— М.: Финансы и статистика, 1988.— 176 с.
Никитина В. М. Растительность Восточного Копетдага в связи с его поясностью // Тр. Ин-та биологии АН Туркм. ССР.— 1954.— № 1.— С. 45—51.
Олдендерфер М. С., Блэшфилд Р. К. Кластерный анализ // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ.— М: Финансы и статистика, 1989.— С. 139—210.
Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях.— М.: Наука, 1982.— 285 с.
Прим Р. К. Кратчайшие связывающие сети и некоторые обобщения // Кибернетический сборник.— М.: Мир, 1961.— Вып. 2.— С. 95—107.
Проскурина Н. С., Кривошеева И. В. Использование графов для изучения сопряженности пространственной структуры населения мелких растительноядных млекопитающих и пространственной неоднородности среды // Метод графов в экологии.— Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1989.— С. 66—81.
Терехин А. Т. Классификация многомерных наблюдений (дискриминантный и кластерный анализ): — Компьютерная биометрика.— М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990.— С. 155—161.
Фет В. Я., Комахина Г. Л. Растительность Западного Копетдага // Природа Западного Копетдага.— Ылым, 1982.— С. 32—37.
Харари Ф. Теория графов.— М.: Мир, 1973.— 300 с.
Шенброт Г. И. Экологические ниши, межвидовая конкуренция и структура сообществ наземных позвоночных // Экологические, этологические и эволюционные аспекты организации многовидовых сообществ позвоночных.— М.: ВИНИТИ, 1986. Сер. Зоология позвоночных.— **14**.— С. 5—70.
Юшманов С. В. Методы теории графов в эволюции. Построение филогенетических схем // Мат. кибернет. и ее прилож. к биологии.— М.: Наука, 1987.— С. 101—140.
Czekanowski J. Zur Differentialdiagnose der Neandertalgruppe // Kor.-Blatt. D. Ges. Antrop.— 1909.— **40**.— S. 44—47.
Henderson I. M. Quantitative panbiogeography: an investigation into conceps and methods // N. Z. J. Zooy.— 1989.— **16**, N 4.— P. 495—510.
Kruskal J. B. On the shortest spanning subtree of a graph and the travelling salesman problem // J. Proc. Am. Math. Soc.— 1956.— N 7.— P. 48—50.
Page R. D. M. Graphs and generalized tracks: quantifying Croizat's panbiogeography // Syst. Zool.— 1987.— 36, N 1.— P. 1—17.
Sneath P. H. A., Sokal R. R. Numerical taxonomy: principles and particle of numerical classification.— San Francisco: W. H. Freeman, 1973.— 573 p.

Институт зоологии АН Украины
(252601 Киев)

Получено 05.09.91

Аналіз просторової структури поселення дрібних ссавців Копетдага за допомогою графового метода кластер-аналіза. Зиков О. Є.— Вестн. зоол., 1992, № 3.— На основі використання алгоритма мінімального скелетного дерева побудовано граф. Вся різноманітність варіантів поселення звірків (Insectivora, Rodentia, Lagomorpha) Копетдага (Туркменістан) підрозділяється на 4 типи асоціацій, для яких наведено діагностичні види.

Analysis of Kopetdagh small mammals population using graph method of cluster analysis. Zykov A. E.— Vestn. zoologii, 1992, N 3. An experience of graph method using in relation to spatial structure of small mammals population (Insectivora, Rodentia, Lagomorpha) of Kopetdagh Mts. (Turkmenistan) is discussed. Graph has been consructed on the base of minimal-spanning tree algorythm. 4 types of communities were distinguished among all kinds of mammalian population in terms of this graph. To characterize communities the species of most diagnostic value are proposed.